

WPŁYW WŁAŚCIWOŚCI PALIW NATURALNYCH I ROŚLINNYCH NA WSKAŹNIKI EKONOMICZNE I ENERGETYCZNE SILNIKA O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

Andrzej Ambroziak*, Stanisław Kruczyński**, Stanisław Orliński***

* Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

** Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska

*** Wydział Mechaniczny, Politechnika Radomska

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań wskaźników ekonomicznych i energetycznych silnika o ZS typu AD3.152, zasilanego paliwem pochodzenia naftowego oraz zamiennie paliwami roślinnymi. Pomiary wykonano na stanowisku hamownianym wyposażonym w system pomiarów wielkości szybkozmiennych. Wykazano, że rodzaj paliwa ma istotny wpływ na proces wtrysku paliwa i jego spalanie. Wpływ ten przejawia się w oddziaływaniu na zużycie paliwa, na wskaźniki energetyczne, emisję toksycznych składników ze spalinami oraz emisję akustyczną.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe, badania hamowniane, paliwa ekologiczne, środowisko

WSTĘP

W ostatnich latach mamy do czynienia z ciągłym wzrostem wymagań dotyczących energetycznych, ekonomicznych, a głównie ekologicznych wskaźników pracy silników spalinowych [Ambroziak i in. 2005a].

Obserwuje się również duży wzrost zapotrzebowania, na paliwa alternatywne. Celem zastosowania do zasilania silników tych paliw jest zapewnienie własnej dla danego kraju (możliwie największej) bazy paliwowej. Jedną z dróg służących do rozwiązania tego problemu jest wykorzystanie paliw roślinnych i ich estrów. Daje to możliwość rozwoju w danym kraju nowych technologii produkcji paliw, dodatkowe miejsca pracy i pozytywne efekty ekologiczne [Merkisz 1994]. Paliwa roślinne charakteryzują się innymi właściwościami fizykochemicznymi w stosunku do paliw węglowodorowych. Powodują one różnice w procesie tłoczenia i rozpylania paliwa oraz procesie ich spalania w cylindrze silnika wysokoprężnego [Ambroziak i in. 2005b].

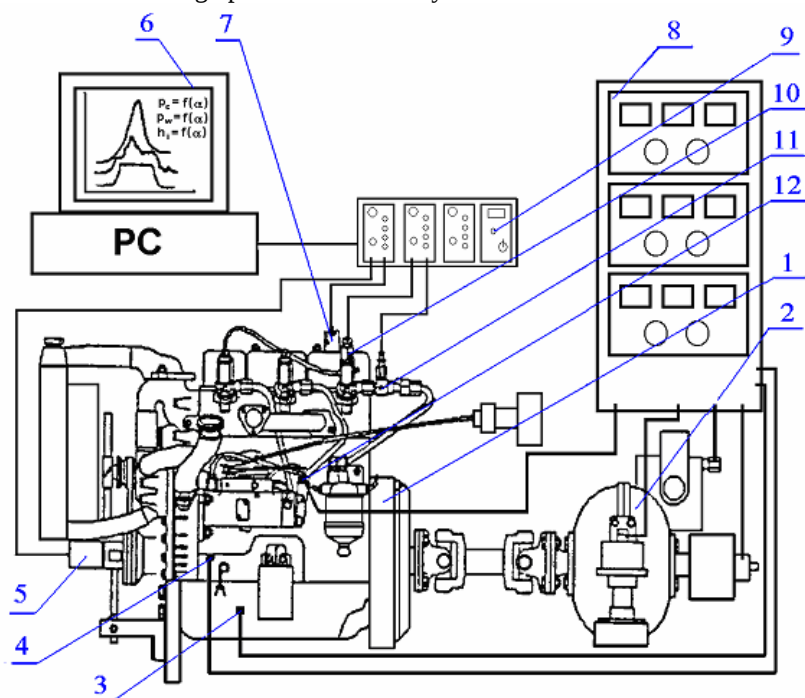
CEL BADAŃ

Celem badań jest ocena wpływu zasilania silnika AD3.152 pracującego w ustalonych warunkach zewnętrznej charakterystyki prędkościowej dla różnych nastawów regu-

lacyjnych silnika, zgodnie z DTR podaną przez producenta. Podczas badań silnik zasilany był trzema rodzajami paliw ekologicznych, tj.: węglowodorowym, niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B oraz porównawczo estrem metylowym kwasów oleju rzepakowego EMKOR-100B i olejem rzepakowym OR-100%.

STANOWISKO BADAWCZE ORAZ PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE BADANYCH PALIW

Do realizacji badań wykorzystano typowe, zbudowane wg BN-74/1340-12 i PN-88/S-02005 stanowisko hamowniane, wyposażone w silnik o zapłonie samoczynnym typu AD3.152 z wtryskiem bezpośrednim. Na stanowisku hamownianym zamontowano system pomiarowy wielkości szybkozmiennych [Dokumentacja stanowiska 2001]. Badany silnik miał przebieg eksploatacyjny 500 motogodzin (mth). Schemat blokowy stanowiska hamownianego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego [Dokumentacja stanowiska 2001]: 1 – silnik AD3.152, 2 – hamulec wodny HS 75, 3 – czujnik temperatury oleju, 4 – czujnik temperatury czynnika chłodzącego silnik, 5 – nadajnik kąta obrotu wału korbowego firmy INTROL Poznań, 6 – komputer PC z kartą pomiarową, 7 – czujnik ciśnienia w komorze spalania, 8 – szafa sterowania i kontroli, 9 – zestaw wzmacniaczy sygnałów, 10 – czujnik wzniosu iglicy wtryskiwacza, 11 – czujnik ciśnienia paliwa w przewodzie wtryskowym, 12 – czujnik temperatury paliwa

Fig. 1. Test stand scheme: 1 – engine AD3.152, 2 – water brake HS75, 3 – detector of oil temperature, 4 – detector of temperature of the liquid engine coolant, 5 – transducer of crankshaft rotation angle, 6 – computer, 7 – pressure detector in combustion chamber, 8 – control cubicle, 9 – signal amplifiers set, 10 – detector of injector needle lift, 11 – detector of fuel pressure in injection pipe, 12 – detector of fuel temperature

W trakcie badań silnik zasilany był trzema paliwami: węglowodorowym EKODIESEL PLUS 50-B (niskosiarkowy ekologiczny olej napędowy) oraz porównawczo dwoma paliwami roślinnymi – OR (olej rzepakowy 100%) i estrem metylowym kwasów oleju rzepakowego EMKOR (B-100). Podstawowe parametry fizykochemiczne badanych paliw przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane własności fizykochemiczne paliw EKODIESEL PLUS 50 oraz OR i EMKOR [Świadectwa jakości paliw, Płock 2004, EMKOR-FAME, Trzebinia 2005]

Table 1. Selected physicochemical properties of fuel EKODIESEL Plus 50 as well as OR and EMKOR

Parametr	EKODIESEL PLUS 50	EMKOR B-100	OR Olej rzepakowy-100%
Liczba cetanowa	52,5	51,8	51
Gęstość w 20°C, g/cm ³	0,816	0,87	0,914
Lepkość kinematyczna w 40°C, mm ² /s	2,79	4,55	34,56
Wartość opałowa, kJ/kg	43400	38900	37100

OPIS METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono dla danych regulacyjnych silnika określonych wg zaleceń producenta, a dotyczących pomiaru: ciśnienia sprężania i szczelności przestrzeni nadłokowej, dawkowania pompy wtryskowej, ciśnienia roboczego wtryskiwaczy. Przed przystąpieniem do pomiarów silnik doprowadzono do stanu równowagi cieplnej, a następnie sprawdzono ustawienie nadajnika kąta obrotu wału korbowego względem GMP, przeprowadzono skalowanie torów pomiarowych oraz dokonano korekcji ustawienia nominalnego kąta dynamicznego początku tłoczenia paliwa, równego $\alpha_{dpt} = 17^\circ \text{OWK}$.

Podczas sporządzania zewnętrznej charakterystyki prędkościowej silnika w przedziale 1000-2000 obr/min rejestrowano co 200 obr/min obciążenie i zużycie paliwa.

Na podstawie wyników badań hamownianych dokonano obliczeń wskaźników operacyjnych silnika dotyczących [Lotko 1997]:

- godzinowego zużycia paliwa G_h ,
- jednostkowego zużycia paliwa g_e ,
- czasowego (sekundowego) zużycia energii G_e ,
- jednostkowego zużycia energii g_{enrg} ,
- sprawności efektywnej η_{efkt} .

Wskaźniki ekonomiczne:

- godzinowe zużycie paliwa G_h , kg/h:

$$G_h = \frac{m \cdot 3,6}{\tau}; \text{ kg/h} \quad (1)$$

gdzie:

m – masa dawki pomiarowej; 100g,

τ – czas zużycia paliwa; s;

– jednostkowe zużycie paliwa g_e ; g/kWh:

$$g_e = \frac{G_h}{N_{ez}}; \text{ kg / kWh} \quad (2)$$

gdzie:

N_{ez} – moc efektywna zredukowana; kW

Wskaźniki energetyczne:

– czasowe zużycie energii $\dot{G}_e$; kW

$$\dot{G}_e = 3600 \cdot G_h \cdot W_o; \text{ kW} \quad (3)$$

gdzie:

W_o – wartość opałowa; kJ/kg

– jednostkowe zużycie energii g_{enrg} ;

$$g_{\text{enrg}} = \frac{G_e}{N_{ez}} = \frac{G_h \cdot W_o}{N_{ez}}; \quad (4)$$

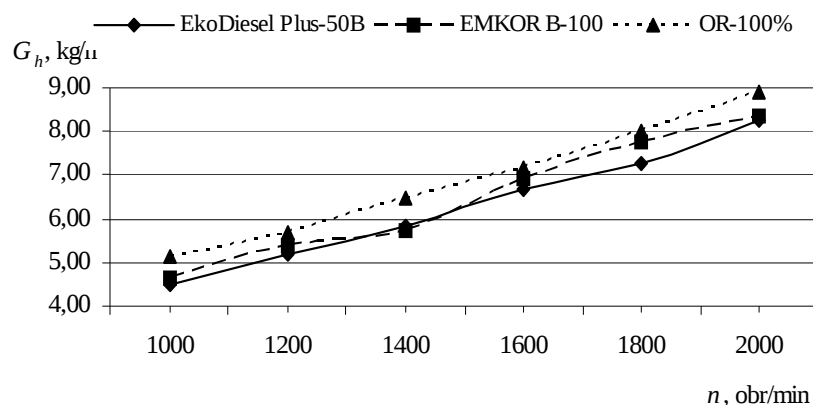
– sprawność efektywna η_{efekt} ; %

$$\eta_{\text{efekt}} = \frac{1}{g_{\text{enrg}}} \cdot 100; \% \quad (5)$$

WYNIKI BADAŃ

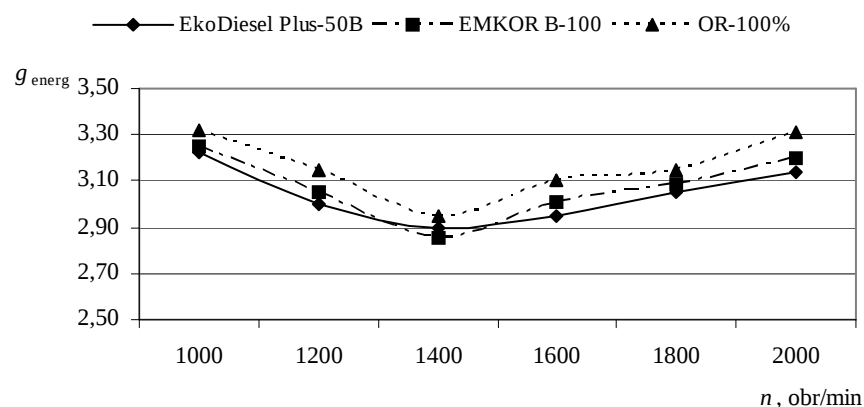
Na rysunku 2 przedstawiono w postaci graficznej porównanie krzywych godzinowego zużycia paliwa dla badanych paliw przy pracy silnika w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2000 obr/min.

Rysunek 3 przedstawia porównanie krzywych jednostkowego zużycia energii dla paliw EKODIESEL PLUS-50B, EMKOR B-100 i OR-100% w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2000 obr/min przy sporządzaniu zewnętrznej charakterystyki prędkościowej.



Rys. 2. Porównanie przebiegu godzinowego zużycia paliwa dla badanych paliw EKODIESEL PLUS-50B, EMKOR B-100 i OR-100% w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2000 obr/min

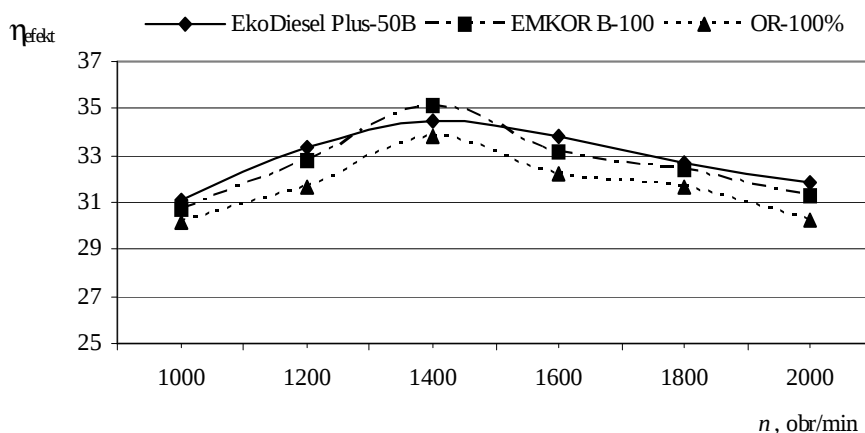
Fig. 2. Comparison of hourly course of fuel consumption for the investigated fuels: EKODIESEL PLUS-50B, EMKOR B-100 i OR- 100% in the range of engine speed from 1000 to 2000 rpm



Rys. 3. Zbiorcze porównanie jednostkowego zużycia energii dla paliw EKODIESEL PLUS-50B, EMKOR B-100 i OR- 100% w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2000 obr/min

Fig. 3. Collective comparison of unit energy consumption for fuels: PLUS-50B, EMKOR B-100 i OR- 100% in the range of engine speed from 1000 to 2000 rpm

Rysunek 4 przedstawia porównanie krzywych sprawności efektywnej dla paliw EKODIESEL PLUS-50B, EMKOR B-100 i OR- 100% w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2000 obr/min



Rys. 4. Porównanie przebiegów sprawności efektywnej dla paliw EKODIESEL PLUS-50B, EMKOR B-100 i OR-100% w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2000 obr/min

Fig. 4. Comparison of energetic efficiency courses for fuels: EKODIESEL PLUS-50B, EMKOR B-100 i OR-100% in the range of engine speed from 1000 to 2000 rpm

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na podstawie otrzymanych wyników hamownianych badań silnika zasilanego trzema paliwami ekologicznymi można stwierdzić, że:

- Porównanie (rys. 2) krzywych godzinowego zużycia paliwa (G_h) wykazało, że dla całego przedziału prędkości obrotowej silnika od 1000 do 2000 obr/min wstępuje mniejsze zużycie paliwa EKODIESEL PLUS-50B i estru EMKOR B-100, ich przebiegi są prawie porównywalne, zaś większe zużycie występuje dla paliwa rzepakowego OR-100%. Różnica procentowa pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS-50B i estrem EMKOR B-100 jest mniejsza od OR-100% i wynosi 2,5% przy prędkości obrotowej $n = 1000$ obr/min, a przy prędkości maksymalnego momentu obrotowego $n = 1400$ obr/min wynosi 5,4% oraz przy prędkości obrotowej maksymalnej mocy $n = 2000$ obr/min wynosi 6,8%.

- Porównanie (rys. 3) krzywych jednostkowego zużycia energii (g_{enrg}) wykazało, że przebieg tych krzywych, w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2000 obr/min, pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS-50B a estrem EMKOR B-100 jest również porównywalny, przy prędkości obrotowej 1400 obr/min najmniejsze zużycie występuje dla paliwa EMKOR B-100, natomiast największe wskazania występują dla paliwa rzepakowego OR-100% w całym przedziale prędkości od 1000 do 2000 obr/min. Różnice procentowe pomiędzy paliwem rzepakowym OR-100% a paliwami EKODIESEL PLUS-50B i estrem EMKOR B-100 wynoszą od 3,1% przy $n = 1000$ obr/min do 5,9% dla $n = 2000$ obr/min,

- Porównanie (rys. 4) krzywych sprawności efektywnej (η_{efekt}) badanych paliw wykazały, że: w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 1300 obr/min jest największa dla paliwa EKODIESEL PLUS-50B. Od prędkości 1300-1500 zwiększoną sprawność efektywną wykazywało paliwo EMKOR B-100, a od 1500 do 2000 obr/min znów większe wskazanie występuje dla paliwa EKODIESEL PLUS-50B. Paliwo rzepa-

kowe OR-100% ma najmniejszą sprawność efektywną w całym przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000-2000 obr/min i wynosi ok. 4% przy prędkości 1000 obr/min do 6,1% przy prędkości 2000 obr/min.

WNIOSKI

Na podstawie wyników otrzymanych z przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Mniejsze godzinowe zużycie paliwa (G_h) podczas badań występowało w doświadczeniach z paliwami EKODIESEL PLUS-50B i EMKOR B-100, zaś większe z OR-100% w całym przedziale prędkości obrotowej silnika, przy użyciu 100 g dawek paliwa.
2. Mniejsze jednostkowe zużycie energii (g_{enrg}) zaobserwowano w przypadku paliw EKODIESEL PLUS-50B i EMKOR B-100, zaś większe w przypadku OR-100% niemalże dla całego zakresu zmiany prędkości obrotowej silnika.
3. Maksymalna sprawność efektywna (η_{efekt}) występowała przy prędkości obrotowej maksymalnego momentu obrotowego silnika $n = 1400$ obr/min i wynosiła dla badanych paliw: EMKOR B-100 – 35,3%, EKODIESEL PLUS-50B – 34,5%, zaś dla OR-100% – 33,6%.
4. Badania wykazały wyraźny wpływ takich parametrów fizykochemicznych jak: lepkość, gęstość i wartość opałowa badanych paliw na: godzinowe zużycie paliwa, jednostkowe zużycie energii, co związane jest z innym przebiegiem procesu wtrysku paliwa i spalania,
5. Celowe jest prowadzenie dalszych badań nad oceną wpływu zasilania silnika zarówno paliwami pochodzenia mineralnego, jak i roślinnego na ekonomiczne, energetyczne i ekologiczne wskaźniki pracy silnika,
6. Przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania olejów roślinnych i ich estrów, kluczowym zadaniem jest zmniejszenie kosztów wytwarzania i dystrybucji poprzez dotacje państwowe, tak aby ceny tych paliw były porównywalne do cen paliw pochodzenia naftowego.

PIŚMIENNICTWO

- Ambrozik A., Kruczyński S., Orlński S. 2005a: Wpływ zasilania silnika spalinowego o zapłonie samo-czynnym paliwem naturalnym i roślinnym na parametry układu zasilania i procesów spalania. XIII Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe „Motoryzacyjne problemy ochrony środowiska” organizowane przy współpracy z KONES, PTNSS i PTPE, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Ambrozik A., S Kruczyński., Orlński S. 2005b: Influence of diesel engine fuelling with selected hydrocarbon and vegetable fuels on injection and self ignition angle delay. P05-C024, PTNSS-Kongres, Międzynarodowy Kongres Silników Spalinowych, Bielsko-Biała – Szczyrk.
- Dokumentacja stanowiska pomiarowego wielkości szybkozmiennych. IEPiM, Politechnika Radomska, Radom 2001.
- Kruczyński S., Orlński S. 2005: Wpływ zasilania silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym paliwem mineralnym i roślinnym na prędkość narastania ciśnienia paliwa w przewodzie

- wtryskowym oraz charakterystyki wydzielania ciepła. KONES 2005 Science Conference, Polanica.
- Lotko W. 1997: Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami węglowodorowymi i roślinnymi. Wyd. WNT, Warszawa.
- Merkisz J. 1994: Wpływ motoryzacji na skażenia środowiska naturalnego. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A. Świadectwa jakości paliw, Płock 2004.
- Rafineria Trzebinia: Właściwości fizykochemiczne estrów metylowych kwasów oleju rzepakowego paliwa EMKOR-FAME, Trzebinia 2005.

INFLUENCE OF FUELLING WITH NATURAL AND VEGETABLE FUELS
ON ECONOMICAL INDEXES AND ENERGETIC EFFICIENCY
OF A SELF-IGNITION ENGINE

Summary. The paper presents information on measurement of economical indexes and energetic efficiency of an AD3.152 direct-injection diesel engine fuelled with natural fuel and, interchangeably, with vegetable fuels on the basis of engine speed characteristic. Measurements were done on a test bench equipped with measuring system for quick variable values. Kind of fuel essentially influences injection and combustion processes. It is seen in fuel consumption, energetic efficiency, acoustic emission and exhaust emission.

Key words: diesel engine, investigation, ecological fuels, environment

Recenzent: prof. dr hab. Cezary Bocheński